



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 56208

(13) C2

(51) 7 G01R29/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ БІОІНФОРМАЦІЙНОЇ СКЛАДОВОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 99074383

(22) 29 07 1999

(24) 15 05 2003

(46) 15 05 2003, Бюл. № 5, 2003 р

(72) Стьоко Сергій Пантелеймонович, Скрипник  
Юрій Олексійович, Яненко Олексій Пилипович(73) Науково-дослідний центр квантової медицини  
"Відгук" Міністерство охорони здоров'я України(56) 1 Хитров Ю А, Шестиперов В А СВЧ в меди-  
цине//Обз по электр техн - Сер 1 - Электроника  
СВЧ - 1983 - Вып 16(998) - С 40-412 Казначеев В П, Михайлова  
Л П Бисинформационная функция естественных  
электромагнитных полей//Новосибирск Наука -  
1985 - С 81-853 Дубовская Н Г и др Принципы моделирования и  
схемотехнической реализации низкоинтенсивной  
КВЧ диагностической и терапевтической аппара-  
туры// Вестник новых медицинских технологий -  
1996 - Т 3, №2 - С 89-924 Кузнецов В А и др Измерения в электронике  
Справочник//Под ред В А Кузнецова - М Энерго-  
атомиздат - 1987 - С 400-4095 Башаринов А Е и др Измерение радиотепловых  
и плазменных излучений в СВЧ- диапазоне//  
М Советское радио - 1968 - С 3573606 Скрипник Ю А и др Радиометрическая система  
для исследования излучений биологических объ-  
ектов//Київ "Фізика живого" - 1998 - Т 6, № 1- С  
19-22

(57) 1 Спосіб вимірювання біоінформаційної скла-  
дової електромагнітного випромінювання, засно-  
ваний на прийманні електромагнітного ви-  
промінювання від ділянки об'єкта, що  
досліджується, в діапазоні надвисоких частот,  
порівнянні потужності сигналу, який приймається,  
з потужністю сигналу теплового генератора шуму  
надвисоких частот, температуру якого встановлю-  
ють рівною температурі об'єкта, вимірюванні  
різниці потужностей порівнюючих сигналів  
діапазону надвисоких частот, за значенням якої  
оцінюють інтенсивність біоінформаційної скла-  
дової електромагнітного випромінювання, який  
відрізняється тим, що на досліджуваній ділянці  
об'єкта розміщують металокерамічний селектив-  
ний перетворювач електромагнітних ви-  
промінювань металевою пластиною у теплового

контакти з об'єктом, відбивають електромагнітне  
випромінювання об'єкта, формують керамічною  
пластиною металокерамічного селективного пере-  
творювача електромагнітне випромінювання ши-  
рокого частотного діапазону, яке пропорційно тем-  
пературі об'єкта, і електромагнітне  
випромінювання приймають від керамічної пла-  
стини перетворювача в діапазоні надвисоких час-  
тот і одночасно електромагнітне випромінювання в  
інфрачервоному діапазоні частот, яке перетворю-  
ють у першу електричну напругу, пропорційну  
температурі об'єкта, порівнюють цю напругу із дру-  
гою електричною напругою, яку формують про-  
порційною температурі теплового генератора шу-  
му надвисоких частот, із порівнюваних напруг  
отримують різницеву напругу, якою підстроюють  
температуру теплового генератора шуму надвисо-  
ких частот, до досягнення рівності напруг які  
порівнюються, змінюють додатково  
співвідношення електричних напруг, що  
порівнюються, до отримання рівності потужностей  
сигналів надвисоких частот, які порівнюються, зсу-  
вають металокерамічний селективний перетворю-  
вач з ділянки об'єкта, яку досліджують, та  
вимірюють різницю потужностей між прийнятим від  
об'єкта сигналом надвисоких частот і сигналом  
теплового генератора шуму у цьому діапазоні час-  
тот

2 Пристрій для вимірювання біоінформаційної  
складової електромагнітного випромінювання,  
який містить у собі приймальну антену діапазону  
надвисоких частот, два автоматичних ключі цього  
діапазону, подвійний хвилевідний трійник і тепло-  
вий генератор шуму надвисоких частот, який через  
перший автоматичний ключ з'єднаний з першим  
входом подвійного хвилевідного трійника, другий  
вхід якого через другий автоматичний ключ з'єд-  
наний з приймальною антеною, послідовно з'єд-  
нані змішувач, підсилювач проміжної частоти, квад-  
ратичний детектор, підсилювач низької частоти,  
синхронний детектор, фільтр низьких частот та  
індикатор, а також гетеродин діапазону надвисо-  
ких частот, який з'єднаний з другим входом змішу-  
вача, вхід якого підключений до одного виходу  
подвійного трійника, на другому виході якого під-  
'єднане узгоджене навантаження та генератор ни-  
зької частоти, вихід якого з'єднаний з другим вхо-

(13) C2

(11) 56208

(19) UA

дом синхронного детектора і входом фазорозщеплювача, парафазні виходи якого з'єднані із другими входами автоматичних ключів, який **відрізняється** тим, що в нього введені металокерамічний селективний перетворювач електромагнітних випромінювань, що складається із з'єднаних між собою металевої та керамічної пластини, приймач інфрачервоного випромінювання, наприклад болометр, який розташований у фокусі приймальної антени, датчик температури, наприклад терморезистор, який розташований у корпусі генератора шуму надвисоких частот в тепловому контакті з його хвилевідним навантаженням, два вимірювальних перетворювачі опору в електричну напругу, реохорд з рухомих контактом, диференційний під-

силювач, термоелектрична батарея і підсилювач потужності, при цьому болометр електрично під'єднаний до входу першого вимірювального перетворювача, терморезистор підключений до входу другого вимірювального перетворювача, вихід якого з'єднаний з виходом першого вимірювального перетворювача через реохорд, рухомий контакт якого заземлений, а потенціальні затискачі реохорда з'єднані із входами диференційного підсилювача, вихід якого через підсилювач потужності з'єднаний з входом термоелектричної батареї, яка знаходиться в тепловому контакті з хвилевідним навантаженням генератора шуму, який знаходиться в термостаті

Винахід відноситься до радіовимірювальної техніки та може бути використаний для оцінки життєдіяльності біологічних об'єктів за рівнем електромагнітної енергії, яка генерується в живих організмах в діапазоні надзвичайно високих частот (НЗВЧ), а також може бути використаний в біології, сільському господарстві та фізиці живого для дослідження структури електромагнітних йолів людини, тварини та рослини

Біологічні об'єкти такі як людина, тварина, риба та рослина випромінюють електромагнітні хвилі (ЕМХ) у міліметровому діапазоні довжин хвиль (діапазоні надзвичайно високих частот — 30 - 300 ГГц) Джерелом ЕМХ є рівноважні теплові процеси, які підтримують температуру багатьох біологічних об'єктів вище температури навколишнього середовища. Випромінювальна здатність В нагрітих тіл в діапазоні надвисоких частот визначається законом Релея-Джинса (див Хитров Ю А, Шестиперов В А СВЧ в медицині // Обз по электр техн — Сер 1 - Электроника СВЧ - 1983, - Вып 16 (998) - С 40 - 41 )

$$W = 2\pi^2 K T \beta / C^2,$$

де  $f$  - частота,  $K$  - постійна Больцмана,  $T$  - температура,  $\beta$  - коефіцієнт випромінювання (сірості),  $C$  - швидкість світла у вакуумі

Іншим джерелом ЕМХ є нерівноважні процеси, які викликаються метаболічними та іншими фізіологічними процесами у клітинах організму. Інтенсивність такого біоінформаційного випромінювання пов'язана з активністю інформаційного обміну між окремими органами та системами організму в цілому (див Казначеев В П, Михайлова Л П Би-оинформационная функция естественных электромагнитных полей // Новосибирск Наука - 1985 - С 81 - 85 )

Радіотеплове випромінювання, яке формується рівноважними процесами, має шумовий характер, а його інтенсивність у відповідності із законом Релея-Джинса пропорційна температурі об'єкта  $T_0$ . При температурі біологічних об'єктів 35 - 45°C потужність радіотеплового випромінювання мала і знаходиться в межах  $10^{12}$  -  $10^{13}$  Вт. Біоінформаційне (нетеплове) випромінювання на клітковому рівні, яке визначається нерівноважними процесами, є когерентним та регулює життєдіяльність як

окремих клітин, так і організму в цілому. Малі розміри клітин, зокрема їх мембран, у порівнянні з довжиною випромінюючих ЕМХ (міліметри), призводить до того, що щільність енергії ЕМХ вже на малих відстапів від біооб'єкту знижується на багато разів» до того ж це зниження супроводжується стохастизацією випромінювання. За рівнем інтенсивності біоінформаційного випромінювання слабше за радіотеплове ( $10^{14}$  -  $10^{15}$  Вт) та важко розрізняється на його фоні

Відомий спосіб вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання (див Дубовская Н Г, Житник Н Е, Миронов А В и др Принципы моделирования и схемотехнической реализации низкоинтенсивной КВЧ диагностической и терапевтической аппаратуры // Вестник Новых медицинских технологий - 1996 - Т 3, №2 - С 89 - 92), заснований на опромінюванні об'єкту вихідним монохроматичним НЗВЧ-сигналом, прийманні відбитого від об'єкту сигналу з розширеним спектром, змішуванні прийнятого сигналу з початковим монохроматичним сигналом та виділенні низькочастотних коливань різницевої частоти. Інтенсивність біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання оцінюють за мірою розширення спектру відбитого сигналу з урахуванням амплітуди низькочастотної складової

Для приймання відбитого НЗВЧ-сигналу від поверхні біооб'єкту потрібна відносно велика щільність випромінюючих ЕМХ (більше  $10 \text{ мВт/см}^2$ ). Однак, шкіра людини та тварини має нелінійні електричні властивості і при великій щільності ЕМХ виникає ефект "зашторювання" клітин, що є проявом захисних властивостей шкіри від проникаючого опромінювання. При малих рівнях ЕМХ, коли клітини відкриті, важко визначити слабкий відбитий НЗВЧ-сигнал на фоні широкопasmового радіотеплового випромінювання об'єкту та НЗВЧ-шумів приймальної апаратури

Відомий також спосіб вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання (див Кузнецов В А, Долгов В А, Коневских В М и др Измерения в электронике. Справочник // Под ред В А Кузнецова, - М, Энергоатомиздат - 1987 - С 400 - 403), заснований на прийманні електромагнітного випромінювання від ділянки

об'єкту, що досліджується в діапазоні надзвичайно високих частот, порівнянні потужності сигналу, який приймається з потужністю сигналу теплового генератора шуму надзвичайно високих частот, температуру якого встановлюють рівною температурі об'єкту, вимірюванні різниці потужностей сигналів діапазону надзвичайно високих частот, які порівнюються, за значенням якої оцінюють інтенсивність біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання

Крім того, відомий спосіб має операції порівняння сигналів від змішувача НЗВЧ-сигналів та компенсаційного генератора проміжної частоти, порівняння сигналів за допомогою градуйованого атенюатора та відлік співвідношення потужностей сигналів за шкалою атенюатора при трьох режимах вимірювання

Однак, відмінність коефіцієнту випромінювання ділянки біологічного об'єкту, яка досліджується, від коефіцієнту випромінювання абсолютно чорного тіла не дозволяє за допомогою теплового випромінювання генератора НЗВЧ-шуму компенсувати повністю радіотеплове випромінювання об'єкту та генератора шуму. Різницевий сигнал через неповну компенсацію за рівнем потужності порівняний або може перевищувати рівень біоінформаційної складової випромінювання

Відомо пристрій для вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання (див. Башаринов А. Е. и др. Измерение радиотепловых и плазменных излучений в СВЧ-диапазоне // М. Советское радио - 1968 - С. 357 - 360), який містить у собі приймальну антену, до виходу якої через модулятор під'єднані послідовно з'єднані змішувач, підсилювач проміжної частоти, квадратичний детектор, підсилювач низької частоти, синхронний детектор, фільтр нижніх частот та індикатор, а також гетеродин, під'єднаний до другого входу змішувача, та генератор низької частоти, який з'єднаний з керуючими входами модулятора та синхронного детектора

На показання індикатора цього пристрою впливає не тільки потужність приймаючого випромінювання, але й нестабільність параметрів приймального тракту та непостійність потужності сигналу гетеродина, особливо при перестроюванні його частоти. Це не дозволяє достовірно розділити прийняте випромінювання на рівноважну (теплову) та нерівноважну (біоінформаційну) складові

Відомо також пристрій для вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання (див. Скрипник Ю. А., Перегудов С. Н., Яненко А. Ф. Радиометрическая система для исследования излучений биологических объектов // Київ "Фізика живого" - 1998 — Т. 6, №1 — С. 19 — 22), який містить у собі приймальну антену діапазону надзвичайно високих частот, два автоматичних ключі цього діапазону, подвійний хвилевідний трійник і тепловий генератор шуму надзвичайно високих частот, який через перший автоматичний ключ з'єднаний з першим входом подвійного хвилевідного трійника, другий вхід якого через другий автоматичний ключ з'єднаний з приймальною антеною, послідовно з'єднані змішувач, підсилювач проміжної частоти, квадратичний детектор, підсилювач низької частоти, синхронний детектор,

фільтр нижніх частот та індикатор, а також гетеродин діапазону надзвичайно високих частот, який з'єднаний з другим входом змішувача, вхід якого підключений до одного виходу подвійного трійника, на другому виході якого під'єднане узгоджене навантаження, та генератор низької частоти, вихід якого з'єднаний з другим входом синхронного детектора і входом фазорозщеплювача, парафазні виходи якого з'єднані з другими входами автоматичних ключів

Крім того відомий пристрій містить у собі керований атенюатор на виході шумового генератора, керуючий вхід якого через ланцюг зворотного перетворення з'єднаний з виходом фільтра нижніх частот синхронного детектора, вхід атенюатора з'єднаний з виходом генератора шуму, а вихід атенюатора під'єднаний до одного із входів подвійного хвилевідного трійника

Відомий пристрій за допомогою автоматичного регулювання потужності НЗВЧ-шуму теплового генератора не може забезпечити повну компенсацію радіотеплової компоненти електромагнітного випромінювання об'єкту так як невідомий його коефіцієнт випромінювання. Крім того, регулювання потужності НЗВЧ-шуму атенюатором, а не температурою хвилевідного навантаженням генератора шуму ускладнює компенсацію радіотеплового випромінювання об'єкту за його температурою. Внаслідок цього неможливо забезпечити вимірювання тільки біоінформаційної складової випромінювання з високою точністю

Завданням винаходу є створення такого способу та пристрою вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання, введення в які нових операцій, елементів та зв'язків забезпечили б формування компенсуючого теплового шуму надзвичайно високих частот, потужність якого дорівнює потужності радіотеплового випромінювання біологічного об'єкту незалежно від випромінювальної здатності цього об'єкту, що дозволить з високою точністю вимірювати тільки біоінформаційну складову електромагнітного випромінювання на будь-яких ділянках об'єкту

Поставлене завдання вирішується тим, що в спосіб вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання, заснований на прийманні електромагнітного випромінювання від ділянки об'єкту, що досліджується, в діапазоні надзвичайно високих частот, порівнянні потужності сигналу, який приймається, з потужністю сигналу теплового генератора шуму надзвичайно високих частот, температуру якого встановлюють рівною температурі об'єкту, вимірюванні різниці потужностей порівнюваних сигналів діапазону надзвичайно високих частот, за значенням якої оцінюють інтенсивність біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання, згідно винаходу на досліджувану ділянку об'єкта розміщують металокерамічний селективний перетворювач електромагнітних випромінювань металевою пластинкою у тепловому контакті з об'єктом, відбивають електромагнітне випромінювання об'єкту, формують керамічною пластинкою металокерамічного селективного перетворювача електромагнітне випромінювання широкого частотного діапазону, яке пропорційне температурі об'єкта, електромагнітне

випромінювання приймають від керамічної пластини перетворювача в діапазоні надзвичайно високих частот і одночасно електромагнітне випромінювання в інфрачервоному діапазоні частот, яке перетворюють в першу електричну напругу, пропорційну температурі об'єкту, порівнюють цю напругу із другою електричною напругою, яку формують пропорційною температурі теплового генератора шуму надзвичайно високих частот, із порівнюваних напруг отримують різницеву напругу, якою підстроюють температуру теплового генератора шуму надзвичайно високих частот, до досягнення рівності напруг які порівнюються, змінюють додатково співвідношення електричних напруг, що порівнюються, до отримання рівності потужностей сигналів надзвичайно високих частот, які порівнюються, зсувають металокерамічний селективний перетворювач з ділянки об'єкта, яку досліджують та вимірюють різницю потужностей між прийнятим від об'єкта сигналом надзвичайно високих частот і сигналом теплового генератора шуму у цьому діапазоні частот

Поставлена задача вирішується також тим, що у пристрій для вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання, який містить у собі приймальну антену діапазону надзвичайно високих частот, два автоматичних ключа цього діапазону, подвійний хвилевідний трійник і тепловий генератор шуму надзвичайно високих частот, який через перший автоматичний ключ з'єднаний з першим входом подвійного хвилевідного трійника, другий вхід якого через другий автоматичний ключ з'єднаний з приймальною антеною, послідовно з'єднані змішувач, підсилювач проміжної частоти, квадратичний детектор, підсилювач низької частоти, синхронний детектор, фільтр нижніх частот та індикатор, а також гетеродин діапазону надзвичайно високих частот, який з'єднаний з другим входом змішувача, вхід якого підключений до одного виходу подвійного трійника, на другому з'єднанні під'єднане узгоджене навантаження та генератор низької частоти, вхід якого з'єднаний з другим входом синхронного детектора і входом фазорозщеплювача, парафазні виходи якого з'єднані із другими входами автоматичних ключів, згідно винаходу введені металокерамічний селективний перетворювач електромагнітних випромінювань, що складається із з'єднаних між собою металевої та керамічної пластини, приймач інфрачервоного випромінювання, наприклад, болометр, який розташований у фокусі приймальної антени, датчик температури, наприклад, терморезистор, який розташований у корпусі генератора шуму надзвичайно високих частот в теплового контакті з його хвилевідним навантаженням, два вимірювальних перетворювача опору в електричну напругу, реохорд з рухомих контактом, диференційний підсилювач, термоелектрична батарея і підсилювач потужності, при цьому болометр електрично під'єднаний до входу першого вимірювального перетворювача, терморезистор підключений до входу другого вимірювального перетворювача, вхід якого з'єднаний з виходом першого вимірювального перетворювача через реохорд, рухомий контакт якого заземлений, а потенціальні затискачі реохорда з'єднані із входа-

ми диференційного підсилювача, вихід якого через підсилювач потужності з'єднаний з входом термоелектричної батареї, яка знаходиться в теплового контакті з хвилевідним навантаженням генератора шуму, який знаходиться в термостаті

Саме розміщення на досліджуваній ділянці біологічного об'єкту металокерамічного селективного перетворювача, приймання електромагнітного випромінювання від перетворювача одночасно у діапазоні надзвичайно високих частот антеною та в інфрачервоному діапазоні випромінювання оптичним приймачем, який розташований на антені, порівняння двох електричних напруг пропорційних температурі об'єкта і температурі теплового генератора шуму надзвичайно високих частот, та автоматичне регулювання температури хвилевідного навантаження генератора підсиленою різницевою напругою за допомогою термоелектричної батареї, вимірювання співвідношення порівнюваних напруг за допомогою реохорда до отримання рівності порівнюваних за потужністю прийнятого НЗВЧ-сигналу з генеруємим НЗВЧ-шумом, дозволяє з високою точністю виміряти лише біоінформаційну складову електромагнітного випромінювання незалежно від значення коефіцієнтів випромінювання у різних ділянках біологічного об'єкта

На фігурі наведена функціональна схема пристрою для вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання

Пристрій містить у собі приймальну НЗВЧ-антену 1, у фокусі якої розташований приймач 2 інфрачервоного випромінювання, наприклад, болометр. До виходу антени через автоматичний НЗВЧ-ключ 3 одним входом підключений подвійний хвилевідний трійник 4, другий вхід якого через автоматичний НЗВЧ-ключ 5 з'єднаний з хвилевідним навантаженням 6 генератора шуму, який розташований у термостаті 7. Один вхід подвійного хвилевідного трійника з'єднаний з узгодженим навантаженням 8, а до другого виходу під'єднані послідовно з'єднані змішувач 9, підсилювач 10 проміжної частоти, квадратичний детектор 11, підсилювач 12 низької частоти, синхронний детектор 13, фільтр 14 нижніх частот та індикатор 15. Другий вхід синхронного детектора з'єднаний з виходом генератора 16 низької частоти, а другий вхід змішувача з'єднаний з виходом НЗВЧ-гетеродина 17. Вимірювальний перетворювач 18 опору у напругу своїми входами з'єднаний з болометром, а своїм виходом через реохорд 19 з'єднаний з виходом другого вимірювального перетворювача 20 опору у напругу, який під'єднаний до датчика температури 21, наприклад, терморезистора, та який знаходиться в теплового контакті з хвилевідним навантаженням генератора шуму. Рухомий контакт реохорда заземлений, а його потенціальні затискачі з'єднані з входами диференційного підсилювача 22, вихід якого через підсилювач 23 потужності з'єднаний з входом термоелектричної батареї 24, яка знаходиться у теплового контакті з хвилевідним навантаженням генератора шуму. Вхід фазорозщеплювача 25 під'єднаний до виходу генератора низької частоти, а його парафазні виходи з'єднані з другими входами автоматичних НЗВЧ-ключів.

Металокерамічний селективний перетворювач

26, який складається з металевої 27 та керамічної 28 пластини розташований на біологічному об'єкті 29, який досліджується

Суть способу полягає в наступному,

Біоінформаційне випромінювання об'єкту, яке генерується клітинами і регулює діяльність живих організмів, виникає внаслідок метаболічних та інших фізіологічних процесів і виявляється у НЗВЧ-діапазоні (міліметровому діапазоні довжин хвиль). Радіотеплове випромінювання, що визначається температурою об'єкта, діє в широкому діапазоні частот, включаючи оптичний діапазон

Таким чином, сумарну потужність випромінювання біологічного об'єкту можна записати у вигляді

$$P_{\Sigma} = P_{T0} + P_R + P_{\omega}, \quad (1)$$

де  $P_{T0}$ ,  $P_R$  - потужність відповідно інфрачервоної та радіо шумової компоненти теплового випромінювання в діапазоні мм-хвиль,

$P_{\omega}$  - потужність біоінформаційної компоненти випромінювання в діапазоні мм-хвиль

Шкіра людини та тварини за випромінювальною здатністю відрізняється від абсолютно чорного тіла і відноситься до класу сірих тіл, у яких коефіцієнт випромінювання менше одиниці, але для всіх довжин хвиль однаковий. Ця властивість й покладена в основу запропонованого способу,

Для виділення та вимірювання біоінформаційної складової електромагнітного випромінювання приймання сигналу від об'єкту відбувається у два етапи

На першому етапі на ділянці об'єкту, що досліджується розміщують металокерамічний селективний перетворювач металевою пластинкою в сторону об'єкта. За рахунок наявності скін-ефекту в металевій пластині всі три електромагнітні компоненти ( $P_{T0}$ ,  $P_R$ ,  $P_{\omega}$ ) рівняння (1) повністю відбиваються від пластини

Завдяки доброму тепловому контакту металокерамічного селективного перетворювача з об'єктом та високої теплопровідності металевої пластини забезпечується нагрівання керамічної пластини перетворювача до температури об'єкта  $T_0$

Нагріта до температури об'єкта керамічна пластина, що має коефіцієнт сірості та випромінювальну здатність близькими до показників шкіри об'єкту, починає випромінювати електромагнітну енергію як в міліметровому діапазоні (НЗВЧ), так і в інфрачервоному діапазоні. На виході металокерамічного селективного перетворювача формується сигнал, потужність якого можна записати у вигляді

$$P_{\Sigma}' = P_{T0} + P_R \quad (2)$$

в якому відсутня біоінформаційна компонента  $P_{\omega}$

Випромінювання мм-діапазону приймають НЗВЧ-антенною, а інфрачервоне випромінювання - приймачем ІЧ-випромінювання, який розташований на антені. Прийнятий НЗВЧ-антенною сигнал  $P_R$  порівнюють за потужністю з НЗВЧ-сигналом  $P_G$ , що генерується тепловим генератором шуму і яка пропорційна його температурі

За потужністю прийнятого ІЧ-випромінювання формують електричну напругу, яка пропорційна температурі металокерамічного селективного пе-

ретворювача, а за температурою теплового генератора шуму формують другу пропорційну електричну напругу. Із порівнюючих напруг отримують різницеву напругу, якою підстроюють температуру генератора шуму до досягнення рівності напруг, які порівнюються. Потім додатково змінюють співвідношення електричних напруг, що порівнюються, до отримання рівності НЗВЧ-сигналів, які поступають від антени та генератора шуму. При досягненні рівності потужностей НЗВЧ-сигналів можна вважати, що радіотеплове випромінювання металокерамічного селективного перетворювача, а таким чином, і радіотеплове випромінювання біологічного об'єкту компенсовано. НЗВЧ-випромінюванням теплового генератора шуму надзвичайно високих частот. При цьому результат компенсації не залежить від коефіцієнта випромінювання керамічної пластини металокерамічного селективного перетворювача, оскільки температура генератора шуму визначається потужністю інфрачервоного випромінювання, яке як і потужність НЗВЧ-випромінювання в однаковій мірі визначаються цим коефіцієнтом

На другому етапі з об'єкту, що досліджується зсувається металокерамічний селективний перетворювач і приймання випромінювання ведуть безпосередньо від поверхні біологічного об'єкту. Оскільки випромінювальна здатність об'єкту, в цьому випадку дещо відрізняється від випромінювальної здатності керамічної пластини перетворювача, потужність випромінювання при тій же температурі об'єкту  $T_0$  зміниться. Але ці зміни будуть однакові як в НЗВЧ-діапазоні, так і в ІЧ-діапазоні. Тому умови компенсації радіотеплової складової випромінювання об'єкту сигналом НЗВЧ-генератора шуму також не порушаться

Одночасно з радіотепловим випромінюванням НЗВЧ-антенною буде прийматися біоінформаційна складова випромінювання об'єкту. Тому потужність прийнятого НЗВЧ-випромінювання перевищить компенсуючу потужність випромінювання генератора шуму. Різниця потужностей порівнюючих випромінювань, яка вимірюється, і є мірою біоінформаційної складової випромінювання біологічного об'єкту

Пристрій працює спідуючим чином

Металокерамічний селективний перетворювач, який розміщений на ділянці об'єкту, що досліджується представляє собою з'єднані між собою металеву та керамічну пластини з високою теплопровідністю. Металева пластина виготовляється, наприклад, із міді, а керамічна - наприклад, із берилевої кераміки

Антенною 1 приймається НЗВЧ-випромінювання, а болометром 2, який розташований всередині антени та використовується як приймач інфрачервоного випромінювання, приймається теплове ІЧ-випромінювання від керамічної пластини металокерамічного селективного перетворювача. Сигнал антени 1 через автоматичний НЗВЧ-ключ 3 поступає на один із входів подвійного хвилевідного трійника 4, на другий вхід якого через автоматичний НЗВЧ-ключ 5 поступає сигнал хвилевідного навантаження 6 генератора шуму, розташованого в термостаті 7. Ключі виконані на р-і-п-діодах та працюють в протифазі,

що забезпечує по чергове проходження НЗВЧ-сигналів та генератора шуму на вхід змішувача 9, на другий вхід якого поступає сигнал від НЗВЧ-гетеродина 17.

Коливання різницевої (проміжної) частоти виділяються та підсилюються підсилювачем 10 проміжної частоти та детектуються квадратичним детектором 11. При нерівності потужностей сигналів антени 1 та генератора шуму 7 на виході квадратичного детектора 11 виділяється змінна складова напруги частоти комутації автоматичних НЗВЧ-ключів 3 і 5. Змінна напруга підсилюється підсилювачем 12 низької частоти та випрямляється синхронним детектором 13, який керується напругою генератора 16 низької частоти. Цей же генератор керує роботою автоматичних НЗВЧ-ключів 3 і 5 через фазорозщеплювач 25. Випрямлена напруга опосередковується фільтром 14 нижніх частот та вимірюється індикатором 15.

Під впливом температури опір болометра 2 змінюється та перетворюється в електричну напругу за допомогою вимірювального перетворювача 18 опір - напруга. Температура, терморезистора 21, що знаходиться в тепловому контакті з хвилевідним навантаженням 6 генератора шуму 7 та використовується як датчик температури змінюю опору перетворюється також в електричну напругу аналогічним вимірювальним перетворювачем 20. Реохордом 19 з руховим та заземленим контактом та диференційним підсилювачем 22 формується напруга, пропорційна різниці вихідних напруг перетворювачів 18 і 20. Різницева напруга підсилюється за потужністю підсилювачем 23 та поступає на термоелектричну батарею 24, яка також знаходиться в тісному тепловому контакті з хвилевідним навантаженням 6.

Якщо температура металокерамічного селективного перетворювача 26 на ділянці біологічного об'єкту, яка досліджується 27 не дорівнює температурі хвилевідного навантаження 6 термостатованого генератора шуму 7, то різницева напруга за допомогою термобатареї 24 нагріває або охолоджує це навантаження в залежності від напрямку струму через спай термоелементів батареї. Таким чином автоматично зрівнюється температура об'єкту та температура навантаження генератора

шуму. Однак, через різну інтенсивність теплового випромінювання в ІЧ- і НЗВЧ-діапазоні та похибок перетворення температур встановлення рівності напруг перетворювачів 18 і 20 ще не означає повну рівність радіотеплового НЗВЧ-випромінювання об'єкту та радіотеплового випромінювання навантаження генератора шуму.

Оператор переміщенням контакту реохорда 19 добивається ігнубового показання індикатора 15, що означає рівність потужностей НЗВЧ-сигналів незалежно від рівня шумів НЗВЧ-тракту порівняння та похибок перетворення. В подальшому умова компенсації потужності сигналів зберігається автоматично при зміні опромінюючої здатності металокерамічного перетворювача або об'єкту.

Після досягнення компенсації металокерамічний селективний перетворювач 26 зсувається. Рівність потужностей НЗВЧ-сигналів, які порівнюються порушується через появу біоінформаційної складової у випромінюванні біологічного об'єкту 27. Це призводить до появи низькочастотної складової на виході квадратичного детектора 11. Низькочастотна напруга підсилюється підсилювачем 12, синхронно детектується детектором 13 та після опосередкування фільтром 14 нижніх частот вимірюється індикатором 15, проградуєваним в одиницях потужності випромінювання.

Розрізняльна здатність пристрою до НЗВЧ-випромінювання визначається частотою генератора 16 та постійною часу фільтра 14 нижніх частот. Так при частоті комутації 1000 Гц та постійній часу 1 сек комутаційний пристрій дозволяє виміряти біоінформаційне випромінювання потужністю порядку  $10^{-14} - 10^{-15}$  Вт/см<sup>2</sup> при смузі пропускання підсилювача проміжної частоти в 50 МГц.

Дослідження показали, що біоінформаційна складова випромінювання менша радіотеплового випромінювання. Інтенсивність біоінформаційного випромінювання залежить від стану здоров'я людини та є, в значній мірі, показником його життєздатності. Тому в медичній практиці рівень біоінформаційного випромінювання можна використовувати як діагностичний параметр, а в сільському господарстві як показник біологічної активності насіння та рослин.

